

## ANALISA PENGUATAN MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH ORGANIK DENGAN PROSES HEAT TREATMENT BERTINGKAT

**Mohamad Abdul Jaelani**

Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Pancasakti Tegal

**M. Fajar Sidiq**

Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Pancasakti Tegal  
Email: fs08087901@gmail.com

**Galuh Renggani Wilis**

Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Pancasakti Tegal

### ABSTRAK

Sampah selama ini dianggap tidak berguna dan sebagai kotoran. Masalah pencemaran akibat adanya sampah diperlukan pengelolaan dan pengolahan untuk mengatasinya, salah satunya adalah pengomposan. Mesin pencacah sampah merupakan alat yang memudahkan penghancuran dan mempercepat proses pengomposan sampah organik. Kemajuan bidang industri tidak terlepas dari perkembangan industri perkakas atau pandai besi besar maupun kecil. Pada industri pembuatan pisau atau pandai besi sendiri mengalami beberapa permasalahan, diantaranya banyak konsumen yang mengeluhkan hasil ketajaman dan kekuatan dari pisau yang diproduksi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ketajaman dan kekuatan pisau, diantaranya adalah pada saat proses perlakuan panas (*Heat Treatment*). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan baja ST 41 sebagai materialnya. Proses karburasi menggunakan serbuk arang tempurung kelapa pada suhu 875 °C, dan dilakukan uji kekerasan dan uji keausan material dengan media *quenching* air garam. Nilai rata-rata uji kekerasan tertinggi dihasilkan oleh proses *carburizing* dan *hardening* dengan nilai kekerasan 599,7 VHN, sedangkan nilai uji keausan terendah ditemukan pada Proses *carburizing* dan *hardening* dengan nilai 0,0000767 mm<sup>3</sup> / kg.m.

**Kata kunci :** Baja ST 41, *Heat Treatment*, uji kekerasan, uji keausan.

### ABSTRACT

*Garbage has been considered useless and disgusting. The problem of pollution due to the presence of waste requires processing and management to overcome it, one of which is composting. The waste chopper is a tool that makes it easy to destroy and speed up the composting process of organic waste. The progress of the industrial sector cannot be separated from the development of the tool industry or blacksmiths, both large and small. In the manufacture of blades or blacksmith himself experienced several problems, among many consumers who complains of sharpness and strength of the blades are manufactured. There are several factors that affect the sharpness and strength of the blades, including during the heat treatment process. This study used an experimental method with ST 41 steel as the material. Carburizing process using coconut shell charcoal powder at a temperature of 875 °C, hardness test and wear test material and the salt water quenching media. The highest average hardness test value was produced by the carburizing and hardening processes with a hardness value of 599.7 VHN, while the lowest wear test value was found in the carburizing and hardening process, value 0,0000767 mm<sup>3</sup> / kg. m.*

**Keywords:** Steel ST 41, *heat treatment*, *hardness test*, *wear test*.

## 1. PENDAHULUAN

Sampah selama ini dianggap tidak berguna, bahkan ada yang menganggapnya kotoran. Jika sampah terus ada, semakin dibiarkan sampah akan tertimbun dan akan memunculkan masalah baru. Bahkan sampah sudah menjadi isu dunia, oleh karena itu tidak mengherankan jika ruang mahluk hidup menjadi semakin terbatas dikarenakan adanya sampah disekitarnya. Padahal manusialah penyebab dari penumpukan sampah tersebut. Saat ini banyak masalah lingkungan yang dihadapi, salah satunya adalah sampah, dan yang semakin banyak diproduksi oleh rumah tangga yaitu sampah organik.

Semakin berkembangnya teknologi dan perkembangan gaya hidup, mengakibatkan berkembangnya juga cara dan metode dalam mengelola ataupun mengolah sampah ini. Dalam rangka penanganan penumpukan limbah sampah, maka diperlukanlah proses pengolahan dan pengelolaan sampah. Maka perlu ada perubahan, diantaranya yang dapat dilakukan adalah dengan mengubah sampah rumah tangga yang bersifat organik menjadi kompos. Untuk dapat mempercepat proses penguraian sampah organik menjadi potongan-potongan kecil maka diperlukanlah mesin penghancur sampah yang dapat memudahkan penghancuran sampah tersebut dimana diperlukan mata pisau mesin pencacah sampah organik jenis pisau potong dan pencacah. Untuk dapat digunakan sebagai mata pisau maka diperlukan sifat material yang sesuai dengan penggunaannya[1][2], terutama tahan terhadap keausan sehingga tetap awet tajamnya.

Kemajuan bidang industri tidak terlepas dari perkembangan industri perkakas atau pandai besi besar maupun kecil meningkatkan persyaratan penggunaan baja keras yang dibutuhkan oleh konsumen. Permintaan masyarakat akan teknologi pengerasan logam ini semakin meningkat, maka peneliti telah mencoba untuk mengaplikasikan pengetahuan tentang pengerasan logam pada pisau dengan bahan baja karbon rendah. Pandai besi sering menggunakan baja ini untuk membuat peralatan rumah tangga. Pada industri pembuatan pisau atau pandai besi sendiri mengalami beberapa permasalahan, diantaranya banyak konsumen yang mengeluhkan keausan dan kekuatan dari pisau yang diproduksi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keausan [3] dan kekuatan pisau, diantaranya adalah media pendinginan pada saat proses perlakuan panas (*Heat Treatment*). Sehingga diperlukan penelitian yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan fisis dan mekanis pisau perkakas. Cara yang dapat ditempuh untuk mengatasinya adalah dengan melakukan perlakuan panas (*Heat Treatment*) dengan metode yang berbeda. Dalam penelitian kali ini peneliti melakukan *carburizing* [4], dilanjut dengan *Hardening* dan diselesaikan dengan *tempering*. Dengan menggunakan media pendinginan (*quenching*)[5], dengan menggunakan air laut diharapkan akan menambah ketahanan aus dan kekuatan dari pisau yang diproduksi dari bahan baja karbon ST 41.

Baja ST 41[6] adalah baja Karbon dengan perpaduan antara logam besi dan karbon dengan persentase tertentu. Selain karbon, pada baja juga terdapat juga elemen paduan logam lainnya. Di alam banyak terdapat paduan logam yang memiliki cara perlakuan panas dan komposisi yang berbeda. Pada baja st 41 terdapat kandungan karbon berkisar 0,20% dari total paduan yang ada. Banyaknya unsur yang terdapat pada baja pada umumnya adalah: karbon, mangan, fosfor dan belerang dengan komposisi yang beragam tergantung jenisnya [7]. Baja karbon dapat dibedakan atas banyaknya kadar karbon menjadi beberapa jenis, yaitu [5]:

1. Baja Dengan kandungan 0,10% - 0,30% C biasa disebut karbon rendah (*Low Carbon Steel*).
2. Baja Dengan kandungan 0,30% karbon sampai dengan 0,60% C disebut Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)
3. Baja Dengan kandungan 0,60% sampai dengan 1,7% C disebut Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) [4].

Proses perlakuan panas dilakukan dengan cara memanaskan logam dengan suhu dibawah titik didihnya (masih dalam bentuk padat belum mencair) yang kemudian dengan segera dilakukan pendinginan dengan kecepatan pendinginan yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk dapat mengubah sifat asli dari logam tersebut. Melalui proses ini, logam dapat dikeraskan agar tahan aus dan tahan gesek, sehingga meningkatkan masa pakai, atau baja dapat dilunakkan untuk memfasilitasi pemrosesan lebih lanjut [8]. Dengan proses yang tepat, tegangan internal dapat

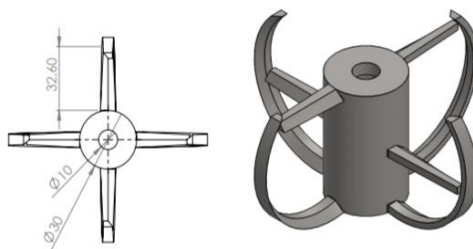
dikurangi, ukuran butir dapat ditingkatkan atau dikurangi, ketangguhan dapat ditingkatkan atau permukaan yang keras dapat diproduksi di sekitar inti ulet. Perlakuan panas sendiri dilakukan dengan melakukan perubahan pada struktur dengan cara memanaskan logam sampel dalam tungku listrik (tungku pemanas) pada suhu rekristalisasi untuk suatu periode waktu, kemudian mendinginkan logam tersebut dengan cara mencelupkannya pada air, air asin, oli, maupun dengan media yang lain seperti udara dimana media tersebut pendinginnya berbeda kecepatannya [9].

Proses karburasi merupakan proses dimana kadar karbon yang ada pada permukaan suatu baja dimana karbon tersebut didapat dari beberapa bahan (terutama arang) yang bertujuan untuk menaikkan nilai kekerasan dari baja tersebut. Dalam penelitian kali ini unsur karbon akan didapatkan dari arang batok kelapa [10]. untuk dapat mengeraskan permukaannya biasanya dilakukan melalui penambahan elemen tertentu pada logam tersebut (seperti karbon, kalsium karbonat, nitrogen, dll.) ke logam dasar [11].

*Hardening* adalah proses memanaskan logam ke suhu yang lebih tinggi dari titik kritis (daerah *austenit*) dan mempertahankannya selama beberapa saat menurut waktu yang diperlukan untuk seluruh benda kerja agar memiliki struktur *austenitik*, logam tersebut kemudian di dinginkan dengan cepat. Tujuannya adalah merubah struktur kristal menjadi *martensit*. Struktur kristal ini penting bagi baja untuk meningkatkan kekerasannya secara signifikan. *Martensit* memiliki struktur seperti jarum karena jaringan tetragonal atomnya [12]

Proses ini merupakan pemanasan ulang baja keras pada struktur *martensit*. *Tempering* dilakukan pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  hingga  $600^{\circ}\text{C}$ . Proses ini harus dilakukan segera setelah baja mendingin selama proses quenching untuk mencegah berubahnya kembali struktur kristal [13].

Mata Pisau adalah alat untuk mencacah atau memotong sampah organik menjadi kompos dengan menggunakan bahan baja karbon ST 41 yang memiliki kandungan karbon rendah, memiliki sifat yang lunak dan mudah dibentuk. Pada Desain bilah pencacah lebih kuat dan tajam untuk mendapatkan efek pencacahan yang lebih baik. Desain mata pisau di tunjukkan pada gambar 1.



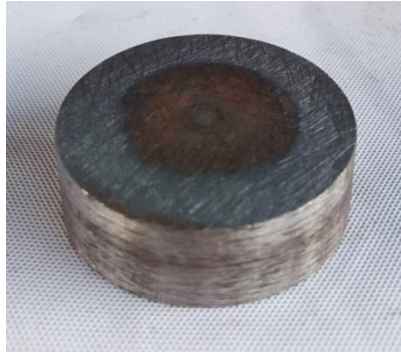
Gambar 1. Desain Mata Pisau

Penelitian ini membahas Analisis Pisau Penghancur Sampah Organik Baja Karbon St 41 Dengan Proses *Heat Treatment* Bertingkat

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dimana dalam kondisi terkontrol akan dicari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain. Alat dan bahan yang terlibat dalam pengujian ini diantaranya: Mesin gerinda potong, Tang penjepit., Sarung tangan, Wadah media pendingin, Tungku *heat treatment*, Alat uji kekerasan, Alat uji keausan, Baja ST 41, Arang batok kelapa., Air garam.

Spesimen pengujian dibuat di lab. Produksi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Tegal Pancasakti. Kemudian, spesimen tersebut akan dilakukan pengujian terhadap kekerasan dan keausannya di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta.



Gambar 4. Spesimen Kekerasan Dan keausan

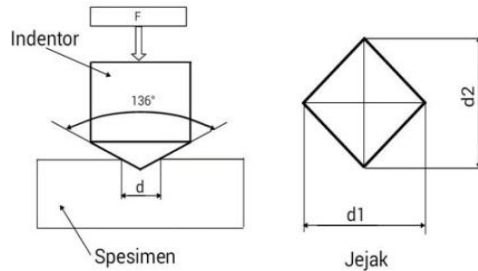
Teknologi analisis data dampak penggunaan serbuk arang tempurung kelapa untuk proses pengemasan karburasi terhadap kekerasan pisau dan nilai keausan mesin penghancur sampah organik menggunakan baja ST 41, kemudian menjelaskan lebih lanjut perubahan media pendingin dan sifat mekanik pada representasi data yang ditampilkan dalam bentuk tabel .

Uji kekerasan *Vickers* digunakan dalam penelitian ini. Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* dengan menekan spesimen atau sampel dengan alat penekan intan, indenter tersebut berbentuk limas dengan permukaan bawah kotak dan bersudut besar dengan permukaan menghadap  $136^{\circ}$ . Hasil dari penekanan indenter akan menghasilkan tanda atau lekukan pada permukaan spesimen. Pembebanan yang diberikan dalam uji kekerasan *Vickers* berkisar antara 1 kgf hingga 120 kgf.

Nilai kekerasan *Vickers* diperoleh melalui rumusan 1 :

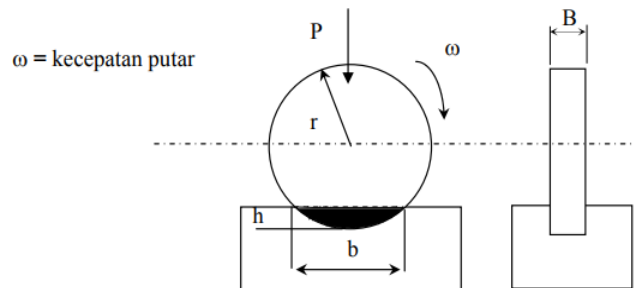
$$VHN = \frac{1,854xP}{D^2} \quad (1)$$

Dimana VHN adalah *Vickers Hardness Number* ( $\text{kg/mm}^2$ ),  $P$  adalah Pembebanan ( $\text{kgf}$ ),  $D^2$  adalah diagonal rata-rata ( $\text{mm}$ ), dengan  $d$  rata-rata  $= \frac{d_1+d_2}{2}$



Gambar 2. Skema pengujian ekerasan *vickers* [3]

Uji keausan ini digunakan untuk menentukan laju keausan material [14]. Pada uji keausan ini alat yang digunakan adalah tes standar berdasarkan ASTM G99 dan alat tes menggunakan metode Ogoshi. Uji abrasi dilakukan dalam kondisi kering. Pengujian yang dilakukan dengan metode ogoshi menggunakan piringan putar sebagai media keausan / gesekan pada permukaan sampel material, yang dikenai beban berbeda, sehingga menghasilkan tanda pada sampel. Skema pengujian keausana di tunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema pengujian keausan metode Ogoshi

berikut adalah rumus 2 yang digunakan dalam metode tes Ogoshi:

$$W = \frac{B.b^3}{12.r} \quad (2)$$

Dengan  $W$  adalah Volume material yang terabrasi ( $\text{mm}^3$ ),  $B$  adalah Tebal *revolving disc* ( $\text{mm}$ ),  $b^3$  adalah Lebar material yang terabrasi,  $r$  adalah Jari-jari *disc* ( $\text{mm}$ ),  $W_s$  adalah Harga keausan spesifik ( $\text{mm}^3/\text{kg.m}$ ),  $P$  adalah Beban pengujian 6,36 kg,  $L_o$  adalah Jarak pengausan 15 mm

Uji Keausan dilakukan dengan mengubah beban sesuai standar ASTM G99 ogoshi test, perubahan beban 2,12 kg, 3,18 kg, 6,36 kg, jarak geser 100 m, dan kecepatan 2,38 m / s.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Komposisi Logam

Melakukan pengujian untuk menentukan persentase komposisi unsur kimia dalam sampel. Bahan baku yang diuji di awal penentuan bahwa sampelnya adalah benar baja ST 41, dari hasil pengujian diketahui kadar karbon sampel tersebut 0,21%. Untuk mengklasifikasikan material sebagai baja ST 41, persentase kandungan karbon dalam baja harus digunakan sebagai dasar untuk proses *quenching*. Tabel 1 adalah komposisi dari logam baja raw material hasil pengujian dari pengukuran kimiawi UPTD di Laboratorium Industri Tegal.

**Tabel 1** Komposisi Kimia Material Baja ST 41

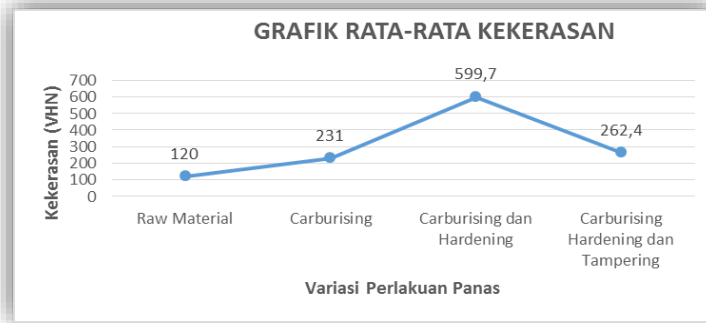
| Unsur | Chemical        |      | Test Result (%) |
|-------|-----------------|------|-----------------|
|       | Composition (%) |      |                 |
|       | n1              | n2   |                 |
| C     | 0,21            | 0,22 | 0,21            |
| Si    | 0,29            | 0,30 | 0,29            |
| Mn    | 0,30            | 0,30 | 0,30            |
| P     | 0,04            | 0,04 | 0,04            |
| S     | 0,02            | 0,02 | 0,02            |
| Cr    | 0,29            | 0,30 | 0,30            |
| Mo    | 0,02            | 0,02 | 0,02            |
| Ni    | 0,05            | 0,05 | 0,05            |
| Cu    | 0,04            | 0,04 | 0,04            |
| Fe    | 98,3            | 98,3 | 98,3            |

#### 3.2. Uji Kekerasan

Dari pengujian kekerasan material didapatkan perubahan nilai kekerasan akibat dari perlakuan panas yang diberikan. Perubahan yang terjadi cukup signifikan untuk dapat meningkatkan kekerasan dari material baja st 41. Hasil uji kekerasan dapat dilihat pada table 2 dibawah ini.

**Tabel 2** Nilai Uji Kekerasan

| Spesimen |                                      | Kekerasan (VHN) | Kekerasan Rata-rata (VHN) |
|----------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| No       | Variasi                              |                 |                           |
| 1        | Raw Material                         | 124             | 120                       |
|          |                                      | 118             |                           |
|          |                                      | 118             |                           |
| 2        | Carburising                          | 232,3           | 231,0                     |
|          |                                      | 228,3           |                           |
|          |                                      | 232,3           |                           |
| 3        | Carburising dan Hardening            | 605,4           | 599,7                     |
|          |                                      | 588,5           |                           |
|          |                                      | 605,4           |                           |
| 4        | Carburising, Hardening dan Tempering | 264,0           | 262,4                     |
|          |                                      | 259,1           |                           |
|          |                                      | 264,0           |                           |



Gambar 5. Grafik Rata-Rata Kekerasan

Dari grafik pada gambar 5 di atas terlihat bahwa nilai kekerasan tertinggi didapat oleh proses perlakuan carburizing dan hardening dengan nilai 599,7 VHN, jauh di atas nilai dari baja karbon st 41 tanpa perlakuan yaitu 120 VHN. Hal ini membuktikan bahwa dengan perlakuan panas carburizing dilanjutkan dengan hardening meningkatkan kekerasan material menjadi lebih baik lagi. Sedangkan proses tempering diberikan untuk mengurangi kegetasan dari material yang dikeraskan sehingga dapat digunakan dengan baik.

### 3.3. Uji Keausan

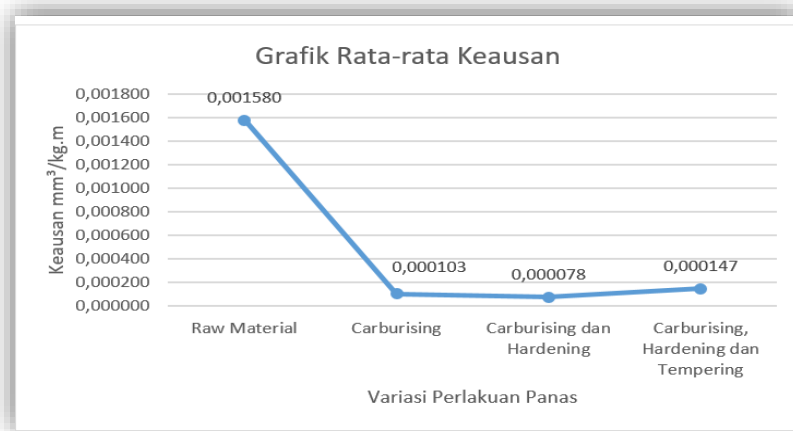
Uji Keausan/abrasi dilakukan dengan pengambilan sampel, dan uji abrasi dilakukan di laboratorium Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Hasil dari uji keausan terlihat bahwa terdapat peningkatan ketahanan aus dari material yang telah mengalami perlakuan panas dibandingkan dengan material tanpa perlakuan panas. Hasil lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 3 dibawah;

Tabel 3 Nilai Uji Keausan

| Variasi Perlakuan Panas     | Tebal Disc (B;mm) | Jari-jari Disc (r;mm) | Panjang Wear (b;mm) | Volume Tergores (W;mm <sup>3</sup> ) | Keausan (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m) | Keausan rata-rata (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m) |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Raw Material                | 3,45              | 13,6                  | 1,8                 | 0,16912                              | 0,00266                             | 0,00158                                       |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 1,3                 | 0,04644                              | 0,00073                             |   |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 1,6                 | 0,08659                              | 0,00136                             |   |
| Carburising_1               | 3,45              | 13,6                  | 0,64                | 0,00562                              | 0,00009                             | 0,000103                                      |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 0,71                | 0,0077                               | 0,00012                             |   |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 0,69                | 0,00682                              | 0,00011                             |   |
| Carburising_2               | 3,45              | 13,6                  | 0,69                | 0,00682                              | 0,00011                             | 0,000103                                      |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 0,67                | 0,0064                               | 0,0001                              |   |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 0,6                 | 0,00457                              | 0,00007                             |   |
| Carburising_3               | 3,45              | 13,6                  | 0,71                | 0,0077                               | 0,00012                             | 0,000078                                      |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 0,69                | 0,00682                              | 0,00011                             |   |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 0,67                | 0,0064                               | 0,0001                              |   |
| Carburising dan Hardening_1 | 3,45              | 13,6                  | 0,64                | 0,00562                              | 0,00009                             | 0,000078                                      |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 0,6                 | 0,00457                              | 0,00007                             |   |
|                             | 3,45              | 13,6                  | 0,63                | 0,00525                              | 0,00008                             |   |
| Carburising                 | 3,45              | 13,6                  | 0,57                | 0,00394                              | 0,00006                             |   |

|   |      |      |      |         |         |
|---|------|------|------|---------|---------|
| dan<br>Hardening_2                              | 3,45 | 13,6 | 0,64 | 0,00562 | 0,00009 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,57 | 0,00394 | 0,00006 |
| Carburising<br>dan<br>Hardening_3               | 3,45 | 13,6 | 0,64 | 0,00562 | 0,00009 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,64 | 0,00562 | 0,00009 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,6  | 0,00457 | 0,00007 |
| Carburising,<br>Hardening<br>dan<br>Tempering_1 | 3,45 | 13,6 | 0,83 | 0,01203 | 0,00019 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,71 | 0,0077  | 0,00012 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,69 | 0,00682 | 0,00011 |
| Carburising,<br>Hardening<br>dan<br>Tempering_2 | 3,45 | 13,6 | 0,71 | 0,0077  | 0,00012 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,69 | 0,00682 | 0,00011 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,69 | 0,00682 | 0,00011 |
| Carburising,<br>Hardening<br>dan<br>Tempering_3 | 3,45 | 13,6 | 0,86 | 0,01331 | 0,00021 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,83 | 0,01203 | 0,00019 |
|   | 3,45 | 13,6 | 0,79 | 0,01025 | 0,00016 |

0,000147



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Keausan

Jika dilihat grafik pada gambar 6 diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai keausan terendah didapat oleh proses perlakuan panas *carburising* dan *hardening* dengan nilai 0,000078 mm³/kg.m, jauh meningkat dari nilai keausan dari material baja st 41 dengan nilai 0,00158 mm³/kg.m. Dengan demikian maka terlihat pengaruh dari proses perlakuan panas terhadap ketahanan aus dari material logam.



#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap mesin penghancur sampah organik, dapat disimpulkan bahwa serbuk arang tempurung kelapa digunakan untuk proses karburisasi dengan temperatur 875° C, lanjut hardening menggunakan media pendinginan air garam dan tempering, kesimpulan berikut dapat diambil:

1. Nilai kekerasan baja ST 41 setelah dilakukan perlakuan panas, berpengaruh signifikan terhadap kekerasan material dengan nilai pada proses *carburizing* sebesar 231,0 kg/mm<sup>2</sup>, *carburizing*, *hardening* dan *tempering* memiliki kekerasan 262,4 kg/mm<sup>2</sup> dan pada *carburizing* dan *hardening* memiliki kekerasan sebesar 599,7 kg/mm<sup>2</sup> naik dari nilai raw materialnya sebesar 120 kg/mm<sup>2</sup>. Dapat disimpulkan bahwa proses *carburizing* dan *hardening* memiliki kekerasan dengan nilai yang paling tinggi.
2. Nilai keausan baja ST 41 setelah dilakukan proses perlakuan panas didapatkan bahwa proses *carburizing* dan *hardening* berpengaruh yang signifikan terhadap ketahanan abrasi 0,0000767 mm<sup>3</sup>/kg.m sementara untuk *carburizing* sebesar 0,00010 mm<sup>3</sup>/kg.m dan untuk *carburizing*, *hardening* dan *tempering* sebesar 0,000146 mm<sup>3</sup>/kg.m. Dari pengujian ini terlihat bahwa tingkat keausan terendah diperoleh oleh proses *carburizing* dan *hardening* dengan nilai 0,0000767 mm<sup>3</sup>/kg.m.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudi DE, Rahmalina D, Sukma H, 2018. Pengaruh Beban Terhadap Laju Keausan Pada Material.;212–8.
- [2] Nasution JM.,2014, Analisa Sifat-Sifat Baja Hardening yang digunakan dalam Industri Otomotif. Tek Mesin UISU. pp. 10–24.
- [3] Payana D, Widiyarta IM, Sucipta M., 2014, Kekerasan Baja Karbon Sedang dengan Variasi Suhu Permukaan Material. *J METTEK*. ;4(2):43.
- [4] Fatchurrozy A, Sidiq MF, Samyono D.,2019, Pengaruh Proses Carburizing Dengan Serbuk Tulang Sapi Terhadap Kekuatan Mekanik Baja St 37 Pada Baut E-Bolt.;10(1):1–10.
- [5] Adawiyah R, Murdjani, Hendrawan A., 2014, Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Strukturmikro Dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening. Poros Tek. ;6(2):88–95.
- [6] Nofri M, Acang T., 2017, Analisis Sifat Mekanika Baja SKD 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur. Bina Tek [Internet].13(2):189–99. Available from: <https://ejournal.upnvj.ac.id/index.php/BinaTeknika/article/view/1322>
- [7] Surdia T, Saito S., 1999, Pengetahuan Bahan Teknik. PT. Pradnya Paramita. 375 p.
- [8] Handoyo Y., 2015, Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft. *J Ilm Tek Mesin Unisma “45” Bekasi*. ;3(2):97782.
- [9] Luthfianto S, Suprayogi ZA, Samyono D., 2017, Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Sifat Mekanis Rantai Elevator Fruit Kelapa Sawit. *JST (Jurnal Sains dan Teknol*. 6(1):0–9.
- [10] Budi E., 2011, Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Bahan Komponen Kandungan Sifat termal. *J Penelit Sains*. ;14(C):25–9.
- [11] Sujita. Proses P ack, 2016, Carburizing dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara. *J Mech*. 7(2):36–41.
- [12] Handoyo Y., 2015, Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45c. 3(2):102–15.

- [13] H, Mesin M, Keausan Uji. Analisa Uji Keausan Material St 37 Hasil Carburizing Dan Hardening Dengan. 2018;(April):0–5.
- [14] Tri Suger Gumilar Permana, Rumendi U., 2014, Analisa Uji Keausan Material St 37 Hasil Carburizing dan Hardening Dengan Menggunakan mesin uji keausan horizontal. Steman. 2018;(April):0–5.